1С

УДК 004.8:681.3

І.С. Сальников, Р.І. Сальніков, Є.В. Цапко
Інститут проблем штучного інтелекту
МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема 118 б, *iss@iai.donetsk.ua*

Нанотехнології, роботи та «свідомі» комп’ютери

I.S. Salnikov, R.I. Salnikov, E.V. Tsapko
Institute of Artificial Intelligence
MES of Ukraine and MAS of Ukraine, c. Donetsk
Ukraine, 83048, c. Donetsk, Artema st., 118 b

Nanotechnologies, Robots and Smart Computers

И.С. Сальников, Р.И. Сальников, Е.В. Цапко
Институт проблем искусственного интеллекта
МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б

Нанотехнологии, роботы и «сознательные» компьютеры

У статті розглядаються можливості створення «свідомих» комп’ютерів та роботів на базі використання майбутніх досягнень нанотехнологій у конструюванні штучно оживлених матеріалів і сполук. У статті широко використані матеріали спецвипуску американського журналу Scientific American (SA) «Нанотехнології».
Ключові слова: нанотехнології, наномашина, свідомі комп’ютери, асемблери, універсальні фабрикатори, наносистеми, нанороботи

In the article, possibilities for creation of smart computers and robots based on use of future development of nanotechnologies in design of artificially revive materials and combinations are considered. In the article, the materials from the issue of Scientific American (SA) Magazine “Nanotechnologies” are widely used.
Key words: nanotechnologies, nanomachines, smart computers, assemblers, universal fabricators, nanosystems, nanorobots.

В статье рассматриваются возможности создания «сознательных» компьютеров и роботов на основе использования будущих достижений нанотехнологий в конструировании искусственно оживлённых материалов и соединений. В статье широко использованы материалы спецвыпуска американского журнала Scientific American (SA) «Нанотехнологии».
Ключевые слова: нанотехнологии, наномашины, сознательные компьютеры, ассемблеры, универсальные фабрикаторы, наносистемы, нанороботы.

Не дивлячись на те, що сьогодні відбувається інтенсивний прогрес досліджень і розробок проблематики штучного інтелекту з відповідними численними публікаціями, вчених починає турбувати і викликає занепокоєння застаріла база цих досліджень та стагнація парадигм щодо можливостей створення розумних або «свідомих» машин, які здатні до розумових та фізичних дій на рівні можливостей людини у її розумовій та руховій діяльностях і мають розміри, не більше габаритів самої людини, не кажучи вже про використання штучних матеріалів.

Зрозуміло, що не звертати уваги на сучасні досягнення і результати фундаментальних досліджень у різноманітних галузях передової науки, а тим більш повертатися спиною до них, – не більш як нонсенс замкнутого у своєму світі вченого-монополіза-

тора, що йде у глухий кут у сфері своїх досліджень і розробок, тим більше, коли мова йде про майбутнє розробок щодо створення систем штучного інтелекту і систем штучної дії. Історія не збагне такого ставлення до поступу наукової думки світового товариства науковців як творців нового світу, нової цивілізації.

Тут не треба нехтувати навіть надзвичайними ідеями, на які покладався Нільс Бор – відомий фізик-ядерник. Справа тільки в тому, за його висловом, чи достатньо надзвичайні ці ідеї, щоб бути новими. Аналогічна ситуація складається сьогодні і у дослідженнях сфери штучного інтелекту. Нам потрібні надзвичайні ідеї. Ідеї на межі розумного. Ідеї, що виходять за межі здорового глузду. Ідеї науки сьогодення і майбутнього. Ідеї, подібні до ідей книги Еріка Дрекслера «Двигуни створення», з описом богоподібного контролю над матерією і описом самовідтворюваних машин, здатних до створення будь-яких матеріальних речей [1, с. 62-63].

Створення штучного мозку не можна відривати від створення штучних людей-роботів. Думки реалізуються тільки у русі: реальному чи віртуальному, на рівні речовини чи полів, часток, атомів чи молекул. Треба тільки мати на увазі існуючі закони природи, бо їх ми не можемо ще створювати, бо самі є частинкою її самої. Не треба виходити на принцип *«усе дозволено»*. Річард Фейнман, відомий нобелівський лауреат, попереджав щодо *«послідовного збирання атомів у необхідний нам спосіб»*: ми не можемо збирати їх таким чином, щоб вони були хімічно нестабільними, тобто створювати які завгодно складні молекулярні ансамблі. Але, на жаль, сьогодні деякі оригінальні фейнманівські передбачення та прогнози трактують як певний тип Євангелія, не враховуючи його попереджень.

З другого боку, ми не можемо не враховувати і стану, якого ми досягли на сьогодні. Все, що зроблено у штучному інтелекті до нашого часу, не можна інакше і трактувати, як створення програмних та апаратних систем, пристроїв та приладів різноманітного призначення, що тільки з великим натягом можна віднести до штучного інтелекту. Все, що зроблено і робиться, тільки реконфігурує звичайні фоннейманівські комп'ютери і не більше того. Образних технологій як не було, так і нема. Образних комп'ютерів як не було, так і нема. Штучних елементів, здатних до сприйняття інформації у вигляді образів як не було, так і нема. Наш світ як був світом наших п'яти органів почуттів, таким він для нас і зостається. Ми ще не можемо вийти за його межі, не дивлячись на те, що вже володіємо різноманітною інформацією про нього як позапочуттєвого. Ми ще не можемо створювати гомункулюсів або асемблерів того світу – всюдисущих крихітних роботів, що можуть виконувати різні операції й створювати речі за принципом *«атом за атомом»*. Та чи взагалі можливі вони? На ці питання та деякі інші можуть сьогодні дати позитивні чи негативні відповіді лише нанотехнології. Тільки вони сьогодні реально вирішують, чи зможе людина створити собі подібну штучну істоту не біологічним способом, а за якоюсь іншою науково-технічною або фізичною технологією.

Негативну відповідь на довічне запитання типу шекспірівського Гамлета *«Бути чи не бути самовідтворюваним механічним нанороботам у нашому світі?»* дає у своїй статті «Про хімію, кохання та нанороботів» нобелівський лауреат з хімії Річард Смолі [1, с. 64-65].

Як хімік за фахом, він усупереч Річарду Фейнману, який у відомій промові на зібранні Американського фізичного товариства у Каліфорнійському технологічному інституті у грудні 1959 року, яка надихнула нанотехнологів, відзначав, що на найнижчому рівні місця достатньо, стверджує, що насправді того місця не так вже і багато.

Справа в тому, що у звичайній хімічній реакції поблизу реакційного осередку від п'яти до п'ятнадцяти атомів завжди беруть участь в ускладненому тривимірному кружлянні, яке відбувається в обмеженій ділянці простору, що не перевищує одного

нанометра у поперечнику. Коли наноманіпуляторна рука нашого наноробота захоплює атом і намагається вставити його у бажане місце, вона повинна керувати не лише одним цим новим атомом, але й усіма довколишніми. Треба мати додаткову маніпуляторну руку для кожного атома зокрема. У регіоні близько одного нанометра у поперечнику для хімії – це складна проблема з двох принципових ускладнень: *«жирних»* та *«липких»* пальців. До того ж самі пальці маніпуляторної руки виготовлені з атомів і мають певні невідновні габарити. Для всіх пальців у нанометровій зоні якраз і бракує місця, щоб повно керувати хімією. Атоми маніпуляторних рук будуть «липнути» до атомів, що безперервно рухаються. Тому той чи інший виготовлений наноблок часто буде абсолютно неможливо поставити у точно зазначене місце. Це можуть зробити тільки якісь *«магічні пальці»* – не жирні і не липкі. Створення такого наноробота залишається прекрасною мрією футуристів, бо хімія є своєрідним вальсом з власним крокорухом і з тричвертним тактом. Неможливо раптово перетворити вальс у запальну самбу, – метафоризує Річард Смолі.

Можна було б погодитися з доказами і висловлюваннями Річарда Смолі, коли б реально не виникали різні хімічні сполуки, в тому числі і нові, що одержують хіміки штучним шляхом, створюючи відповідні технології для їх одержання. Мабуть, існує той невідомий ще нікому природно-штучний робот-творець, що дозволяє-таки конструювати штучні матеріали під керуванням людини, хоча і опосередковано. Треба його й шукати. Магічним творцем може бути якесь нове фізичне середовище, котре в одному випадку приводить до хімічної взаємодії, у другому – до створення «живих» систем, у третьому – до складних почуттів і станів, в які вступають людські істоти: любов і ненависть, натхнення і занепад, воскресіння і смерть. Якщо кохання між чоловіком і жінкою можна назвати *доброю хімією*, то процес запліднення через злиття двох зигот – це вже *творча хімія*, що має складні біологічні наслідки.

Сьогодні прихильники нанотехнологій передбачають створення малих машин двох типів: перші – *аналоги великих прототипів* (крихітна субмарина в кілька нанометрів – десятків чи сотень атомів завдовжки – може плавати у крові, знаходити і знищувати хворі клітини); другі – *асемблери* – не мають макроскопічного аналога (машини Еріка Дрекслера – універсальні фабрикатори – виготовляють будь-які конструкції, включаючи і самих себе, за допомогою атомарного складання).

Якщо визначити машину як пристрій, що виконує певне завдання [1, с. 66], то можна вже сьогодні стверджувати, що найрізноманітніші наномашини вже дійсно існують у формі молекулярних компонентів живих клітин: молекули білків або рибонуклеїнових кислот (РНК), агрегати молекул, органели («маленькі органи»). Які з цих біологічних конструкцій становлять найбільший інтерес для створення майбутніх наномашин? До речі, кожна з машин, незалежно від її форми, розмірів та призначення, повинна мати такі складові: конструкцію, технологію створення, споживати енергію, функціонувати за обумовленою інформацією, що в ній закладена природою чи конструктором.

Вже відомо, що клітини містять деякі молекулярні машини, подібні до машин, створених людиною: роторний мотор бактерій обертає вісь подібно до електричного двигуна; процес синтезу білків рибосомою нагадує збиральний конвеєр. Але, наприклад, процес розкручування подвійної ДНК-спіралі протеїном топоізомеразою не має явних аналогів серед макроскопічних машин. Спосіб продукування органел в клітині – синтез довгих молекул у поєднанні з молекулярним самозбиранням – добра модель для економіки та управління порівняно з грубим методом роботи асемблера.

Клітини – це комплекси молекулярних наномашин, здатних до самореплікації. Нам потрібно шукати нові ідеї для їх конструювання. Не треба дуже далеко відходити від біології та її стратегії, інакше може бракувати нових нановерсій існуючих машин,

що пропонуються для асемблера. Вибір один: або збиральний конвеєр General Motors, або внутрішня будова Escherichia coli. Клітина – це структура, здатна до самовідтворення. Вона поглинає молекули з навколишнього середовища, частину з них перетворює в енергію, а з решти синтезує сполуки, потрібні для її самореплікації, підтримання життєдіяльності, руху та захисту. В ДНК зберігається інформація, необхідна для синтезу сполук та функціонування клітини, що передається від одного покоління до іншого.

Стратегія забезпечення клітиною свого самовідтворення та життєдіяльності шляхом виготовлення своїх компонентів базується на двох ідеях: синтезі лінійних молекул за допомогою полімеризації (проста хімічна реакція) і на використанні явища самозбирання – спонтанного впорядкованого об'єднання синтезованих молекул у функціональні тривимірні структури. Ця подвійна біологічна стратегія, як видно, не вимагає важкого, складного процесу точкового збирання: слід тільки нанизати намистинки (наприклад, амінокислоти), а утворена низка сама сформується в машину (білки). У багатьох випадках білки спонтанно об'єднуються з іншими молекулами, утворюючи великі функціональні структури. Ця стратегія створення складних тривимірних структур, – як реакція ланцюгового синтезу з наступним молекулярним самозбиранням різних рівнів, - є до сих пір неперевершеною за своєю ефективністю.

З іншого боку, клітина є сукупністю каталізаторів та інших функціональних компонентів: сенсорів, структурних елементів, насосів, моторів. Більшість наномашин клітини – це ензими. Вони синтезують ліпіди, молекулярні компоненти самовідтворення, виробляють і контролюють споживання енергії, забезпечують зберігання архівних та поточних даних, підтримують гомеостаз внутрішнього середовища в межах допустимих параметрів. Особливий інтерес на сьогодні викликають такі молекулярні наномашини клітин: рибосоми, хлоропласти, мітохондрії, джгутикові мотори бактерій.

Рибосома є ключовою наномашиною, знаходиться між інформацією та дією – між нуклеїновими кислотами та білками – це надзвичайно розумна машина, яка зчитує інформацію з іРНК та на її основі синтезує білки, складається з рибосомної РНК (рРНК) та білків.

Хлоропласти в клітинах рослин і водоростей – це великі структури груп молекул, що вловлюють фотони світла і використовують їх для синтезу хімічного пального для споживання його клітиною, вивільняючи кисень.

Мітохондрії – це клітинні електростанції. В них керовано відбувається окислення органічних молекул, що знаходяться у клітині, переважно глюкози, та виробляється енергія для систем. Функції електронів у мітохондрії виконує аденозинтрифосфатаза (АТФ), молекули якої переміщуються в клітині внаслідок дифузії і входять компонентом у численні біологічні реакції.

Джгутиковий мотор бактерій (ДМБ) – спеціалізована наномашина висококонструктурованої сукупності білків, закріплених у мембрані багатьох бактеріальних клітин, що забезпечує обертовий рух джгутика, що нагадує батіг, і, як наслідок, рух самих клітин у воді. Джгутиковий мотор не використовує енергію електричного струму для генерування змінного магнітного поля, а використовує енергію розпаду АТФ для зміни форми молекул, що в поєднанні з хитромудрим молекулярним храповиком примушує обертатися білковий вал.

Як бачиться, ми вже мріємо про використання біологічних аналогів як прототипів майбутніх штучних наномашин. Але чи можна створювати наномашини, що повторюють великі машини, винайдені людиною? На сьогодні досить розвинута надзвичайна технологія виготовлення малих електронних пристроїв – транзисторів та інших компонентів чипів. Застосування цих технічних прийомів до простих машин з рухомими частинами, зокрема механічних осциляторів та рухомих дзеркал, виявилося ус-

пішним з технічної точки зору. Але мікроелектромеханічні системи (МЕМС) ще не є наномашинами. Перші справжні НЕМС (наноелектромеханічні системи) були сконструйовані лише в останні роки і тільки експериментально – Майкл Рукс «Місця справді вистачить» [1, с. 32-39]. Тут поряд з відомими виникає ще й багато цікавих власно нанопроблем – тертя і залипання, наприклад. Але технічний прогрес не можна зупинити. Будуть і будуть створюватися нові і нові мікромашини та наномашини, не дивлячись на жодні обставини.

Принциповими питаннями на шляху до створення наномашин різноманітного призначення стають такі: *по-перше*, чи будуть здатні вони до самовідтворення і як це зробити. З останніх біологічних досліджень відомо, що мінімальний рівень складності живих клітин, який дозволяє самовідтворення, – це система з 300 генів. Але як це застосувати до механічних машин звичного для нас типу, щоб вони самозабезпечувались та самовідтворювалися? *По-друге*, звідки будуть отримувати автономні наномашини енергію? Треба ще винайти відповідну стратегію. *По-третє*, яким чином наномашини, здатні до самовідтворення, будуть зберігати та використовувати інформацію? Якщо не ДНК, то ще не зрозуміло, з чого починати.

Асемблер з пінцетами для точкового збирання усуває багато проблем, якби він з хімічної точки зору був можливий. Щоб захоплювати атоми, він мусить бути меншим за атоми, а не навпаки. Друге обмеження спричиняється природою атомів, або їх схильністю утворювати міцні зв'язки зі своїми сусідами. Важко собі уявити, яким повинен бути пінцет асемблера, щоби, вихоплюючи атоми з будівельного матеріалу, він не прилипав, не кажучи вже про труднощі, про які говорить Річард Смолі – хімічна точка зору.

Щодо наносубмарини, яку би вдалось сконструювати, то тут нездоланною перепоною перед нею стають випадкові бомбардування її молекулами води, що будуть її збивати з курсу. Клітини в потоці крові – об'єкти в 10 або 100 разів більші за наносубмарину – не керують своїм рухом; потік крові їх просто несе. А як вона буде виявляти, яка клітина «нормальна», а яка «патогенна»? Треба мати свою власну лабораторію чи аналог імунної системи живого організму. А це вже додаткові витрати енергії. А де її взяти?

Імовірність створення малих машин існує, але стратегію їх розбудови ще треба винайти. Біологія нам демонструє ряд блискучих прикладів: у живих системах наномашини дійсно існують і виконують надзвичайно складні функції. Що справді вражає, то це відмінність між принципами роботи цих наномашин та макромашин, створених людиною. Якими ж шляхами треба йти, щоб створити реальні наномашини?

Перший шлях – це вивчати існуючі наномашини, що присутні в клітині. Запозичити концепції та принципи цих систем і створювати їх модифікації за нашими цілями і розробляти інші наномашини з принципово новими функціями. Це шляхи генної інженерії і нової хімії, яка уможливить застосування біологічних принципів у молекулярних системах, що не складаються з білків та нуклеїнових кислот.

Другий шлях – це почати все наново і незалежно винайти нові типи наносистем, покладаючись на те, що існують і інші способи синтезу, окрім біологічних. Треба спробувати перевершити в проектуванні еволюцію, кинути виклик природі.

Існуючі способи конструювання машин сьогодні у своїй масі не підходять до способів конструювання наномашин. Асемблер теж є ілюзорним, не дивлячись на усю його привабливість.

Нові системи, на думку багатьох, скоріш усього будуть нагадувати первісні біологічні системи. Тобто треба повторити найпростішу живу клітину або створити щось подібне. Але чи є біологічні наномашини вінцем еволюції? Чи перебрала ево-

люція всі варіанти, щоб винайти найефективніший? Загальної відповіді на ці питання ще не знайдено. Щодо ензиму тріозофосфатізомераза (TIM), то Джеремі Ноуліс із Гарвардського університету (США) встановив, що цей ензим є «ідеальним» каталізатором і кращого для реакції, яку він супроводжує, не існує. Проте ще не зроблено нічого, щоб виявити альтернативні ензими проти існуючих складних структур.

Біологічні структури функціонують переважно у воді з вузьким діапазоном температур та концентрації солей. Погано проводять електричний струм. Не виконують бінарних обчислень та передачі інформації. Їхня механіка не є особливо міцною. Як видно, треба винайти багато різних типів процесів, щоб наномашини досягли успіху в небіологічному середовищі.

Щодо здатності майбутніх наномашин до самовідтворення і небезпеки, яка на нас може чекати, треба сказати таке. Щоб самовідтворюватись, система повинна містити повну інформацію, необхідну для свого відтворення, а також мусить мати змогу добути з навколишнього середовища всі необхідні матеріали як для забезпечення енергією, так і для виробництва, а ще виготовити та зібрати всі частини, потрібні для створення своєї копії, або уможливити їх збирання

Біологія всі ці проблеми вирішила. Такі ауторепродуктивні біосистеми, як патогенні бактерії та ракові клітини вже нам загрожують. У комп'ютерних системах також існують послідовності бітів, що можуть створювати свої копії (комп'ютерні віруси), хоча це й нематеріальні об'єкти. Вони створюють нам лише великі незручності і можуть становити для нас загрозу тільки опосередковано.

Таким чином, загрозу слід чекати не від асемблерів, що вийшли з-під контролю, а від систем автокаталітичних реакцій, які зараз нам важко навіть уявити. «Свідомі» комп'ютери до нас прийдуть не зі сфери машинобудування, а як гості від біології та хімії, де вже є безліч конструкцій і стратегій, котрі виявилися успішними на найвищих рівнях організації як для самовідтворення, так і для життя у різноманітних середовищах навколишнього світу. А що ж на сьогодні створено зі сфери нанотехнології, що, на нашу думку, наближує, не дивлячись на жодні перепони та труднощі, світ до створення «свідомих» комп'ютерів ?

Сьогодні наносвіт складається з думок, міркувань та дій у таких сферах людського пошуку і занепокоєння: нанотехнології у широкому і вузькому розумінні цього слова або терміну, нановиробництва як мистецтва виготовлення малого, нанофізики, наноелектроніки, наномедицини, нанопередбачення, наноманівців, нанонатхнення, нанороботів, нанофантазій. У цьому комплексі і веде нанотехнологія свій наступ.

За визначенням Майкла Роко, працівника NSF (Національного фонду федеральних досліджень), відповідального за Нанотехнологічну ініціативу Білла Клінтона, сфера нової нанотехнології, на відміну від старої, має справу з матеріалами та системами, які мають такі ключові властивості: вони щонайменше в одному напрямі мають розмір від одного до сотень нанометрів, створюються у процесах, які дозволяють контролювати фізичні та хімічні властивості молекулярнорозмірних структур, з них можна формувати більші структури. Наноструктури можуть володіти електричними, хімічними, механічними та винятковими оптичними властивостями.

Нанотехнології, за Майклом Роко, вже існують, бо вже створено:

– зчитувальні пристрої дискових накопичувачів з неабиякими характеристиками за рахунок розташування один над одним кількох немагнітних та магнітних шарів, кожен товщиною менше нанометра; з 1997 року – базові технологічні елементи для мультимільярднодоларової промисловості збереження інформації США;

– сканувальні мікроскопи, тунельний та атомний, здатні керувати окремими молекулами та атомами і спостерігати за ними, здатні створювати зображення окремих атомів, а також переміщати їх з місця на місце – символи нової ери нанотехнології;

– гострі нанометричні наконечники на більш ніж 1000 консолей на мікрочіпі для переміщення атомів в атомному мікроскопі – дослідна лабораторія IBM у Цюріху (Швейцарія);

– наконечники приладу Millipede можуть записувати цифрові біти на полімерній стрічці (у перспективі це дозволить створювати накопичувачі інформації з густиною запису у 20 разів більшою, ніж у існуючих);

– мікрочіпи з доріжками завширшки близько 100 нанометрів є одними з найкращих (низхідний метод створення наноструктур);

– нанотрубки, графітові циліндри з незвичайними електричними властивостями є хорошим прикладом самоорганізованих структур (висхідний метод для збирання більших структур з процесом самоорганізації).

Нанотехнологія йде на зміну кремнієвої технології. Про це свідчить наступне:

– зменшення розміру схем в електронних чіпах;

– електронні пристрої, створені нанотехнологами, можуть прокласти собі шлях до приладів, які викривають секрети найменшої машини – біологічної клітини;

– бінанотехнологія знаходиться у пошуку свого застосування напередодні приходу посткремнієвих нанокомп’ютерів;

– використання напівпровідникових квантових точок як міток у біологічних експериментах, дослідженнях нових ліків та діагностичних тестах (компанія Quantum Dot Corporation);

– наночастинки використовують для вдосконалення основних властивостей матеріалів (нанорозмірні частинки оксиду цинку для застосування у сонячних екранах для прозорості звичайного білого крему – Nanophase Technology);

– наноструктурні матеріали передбачається застосовувати у майбутньому для зменшення розмірів, маси та енергоємності космічних кораблів, створення екологічно чистих виробничих процесів, які мінімізують генерацію небажаних побічних продуктів та сформують базу для виробництва сконструйованих на молекулярному рівні пестицидів, які розкладаються мікроорганізмами;

– створення головок з гігантським магнітоопором за допомогою нанотехнології (IBM - США);

– створення ДНК-комп’ютерів.

Можна навести декілька прикладів останніх винаходів та знахідок у нанотехнології принципового характеру:

– відкриття вуглецевих нанотрубок – 1991, Суміо Айіджима з Цукуби, Японія;

– система віртуальної реальності, що дозволяє бачити та торкатися атомів – 1993, Ворен Робінет та Стенлі Вільямс, США;

– створення транзистора з вуглецевої трубки – 1998, група Ціса Деккера, Нідерланди;

– показано, що одиничні молекули можуть працювати як молекулярні перемикачі – 1999, Джеймс Тур та Марк Рід, США;

– розроблено квантовий міраж (розміщення магнітного атома в одному фокусі еліптичного кільця атомів створює міраж того ж атома в іншому фокусі) – майбутній метод бездротової передачі інформації – 2000, Ейглер та інші, США.

Не слід думати, що нанотехнологія буде корисною через двадцять або тридцять років. Вже є зразки її сучасних комерціалізованих застосувань:

– каталізатори – фірма Exxonmobil: цеоліти – мінерали з порами діаметром менше одного нанометра – служать ефективним каталізатором розпаду великих молекул вуглеводню й утворенню бензину;

– збереження даних – фірма IBM – у дискових накопичувачах використовують додаткові наномасшабні шари, які завдяки гігантському магніторезистивному ефекту дають велику щільність збереження даних;

– ліки – Gilead Sciences: ліпідні кульки – ліпосоми діаметром близько 100 нм – служать оболонкою для ліків проти раку, що лікують пов’язану зі СНІДом саркому Капоші;

– виробництво нових матеріалів – фірма Carbon Nanotechnologies: компанія, заснована Річардом Смолі, відкривачем фулеренів, завдяки використанню нових виробничих процесів зробила вуглецеві нанотрубки дешевшими;

– удосконалення властивостей матеріалів – фірма Nanophase Technologies: нанокристалічні частинки додають до інших матеріалів для створення міцнішої кераміки, прозорих сонячних фільтрів для захисту від інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання, а також каталізаторів, які мають екологічне застосування.

Мікроелектроніка базується не технологіях, які виробляють структури аж до 100 нм у поперечнику (тобто 100 мільярдних метра). Цей розмір є крихітним за повсякденними стандартами (приблизно одна тисячна товщини людської волосини), проте у масштабах атомів і молекул він – величезний. На діаметрі 100-нанометрової дротини поміститься близько 500 атомів кремнію.

Розвиток мікроелектроніки – від транзистора до сукупності транзисторів у мікропроцесорах, кристалах пам’яті та контролерах – створив ріг достатку з машин, які управляють інформацією завдяки протіканню електронів у кремнії.

Ідея створення наноструктур, які складаються лише з одного чи кількох атомів, була дуже привабливою як з погляду наукової проблеми, так і з практичних міркувань. Розмір атома є фундаментальною межею розміру структури. Щоб створити щось менше, потрібно буде діяти на атомні ядра, фактично перетворюючи один хімічний елемент на інший.

На сьогодні науковці вже вивчили різноманітні технології виготовлення наноструктур. Справа за дослідженнями їх властивостей та потенцій застосування. Настає ера нановиробництва, ера нанонауки, ера нанотехнології – пошуку практичного застосування наноструктур.

Наночастинки селеніду кадмію, виготовлені за спеціальною нанотехнологією, є одними з перших серійних виробів нанонауки. Корпорація Quantum Dot у Гарварді (штат Каліфорнія, США) вже продає кристали для використання у ролі біологічних міток. Ними можна помітити білки та нуклеїнові кислоти як квантовими точками, які при освітленні ультрафіолетовим світлом випромінюють флюоресцентне свічення на характерній довжині хвилі і, таким чином, видають положення білків.

Науковці також вивчають можливість виготовлення структур з колоїдних дисперсних систем – суспензій наночастинок у таких розчинниках, як вода чи толуол. Кріс Мюррей з дослідного центру IBM імені Томаса Вотсона досліджує використання подібних суспензій, щоб створити середовище для накопичення даних із надвисокою щільністю. Суспензії Кріса Мюррея містять магнітні наночастинки діаметром 3 нм, кожна з яких складається зі 100 атомів заліза та платини. Ці структури можуть потенційно зберігати трильйони бітів даних на квадратний дюйм – а це в 100 разів більша емність, аніж у сучасних запам’ятовувальних пристроях.

Зацікавленість наноструктурами на сьогодні є настільки високою, що перевіряється кожна ймовірна технологія виробництва. Головне навантаження несуть фізики і хіміки. Але зробити важливі внески можуть і біологи, бо в них є достатньо об’єктів дослідження за розмірами, близькими до наноструктур і дивовижно складних. Наприклад, рибосома виконує одну з найважливіших клітинних функцій: синтез білків з амінокислот, – використовуючи інформаційну РНК (іРНК) як шаблон, демонструє той факт, наскільки ще природа випереджає людські технології. Або роторні двигуни джгутика бактерії, які ефективно приводять у рух одноклітинні організми. До речі, типова бактерія має довжину близько 1000 нм, а клітини ссавців – іще більші.

Важко сьогодні сказати, чи «наномашини» клітинного походження будуть корисними для людини, чи ні, але говорити про них як цінне знаряддя у хімічному синтезі та у давачах вже можна.

Карло Монтемагно з Корнельського університету (США) сконструював примітивну наномашину з біологічним двигуном, видаливши роторний двигун джгутика з бактеріальної клітини і приєднавши його до металевого наностержня – циліндра довжиною 750 нм та шириною 150 нм, виготовленого літографічно. Роторний двигун висотою лише 11 нм живився аденозинтрифосфатом (АТФ) – джерелом хімічної енергії у клітинах – і обертався з частотою 8 обертів на хвилину.

Розвиток нанотехнології залежить від наявності наноструктур. Сучасна проблема – як створити впорядковані структури та сконструювати їх таким чином, щоб вони були наділені новими корисними функціями. Важливість застосувань електроніки має тенденцію сфокусовувати увагу на наноприладах, які можна впровадити у майбутніх інтегральних схемах. Нові підходи у нановиробництві є нетрадиційними, бо не спираються на мікротехнологію, розроблену для електронних приладів. Хіміки, фізики й біологи швидко сприймають ці технології як найвідповідніші шляхи створення різних типів дослідних наноструктур. Ідеї для нановиробництва сьогодні надходять звідусіль у чудовому різноманітті відкриттів. Нині навколо нанотехнології – золота лихоманка. Чи не кожна головна фінансова установа, яка опікується розвитком науки і техніки, проголосила власну зацікавленість у цій царині. Безліч дослідників та інституцій борються за участь у даній галузі [1, с. 16-19].

Кожна солідна фірма має за честь мати дослідників або лабораторію з нанотехнології. Інтерес до нанотехнології підігрівається ще й передбаченнями окремих радикальних футуристів, які розмірковують над біблійною тривалістю життя та необмеженим багатством або ж, навпаки, погрожують голокостом, який викличуть легіони неконтрольованих самовідтворювальних роботів, лише трохи більших за ейнштейнівські молекули цукру. Коли у 2000 році Білл Клінтон проголошував Нанотехнологічну ініціативу, він багато говорив про передбачення, але мало про конкретні справи. «Нанотехнологія, – зауважував він, – зможе одного дня вмістити всю бібліотеку Конгресу США у пристрої з грудку цукру, або створити матеріали в 10 разів міцніші, але набагато легші за сталь». Але це не перешкодило забезпечити велику фінансову підтримку нанонауки, що склала у бюджеті США 2001 року 422 мільйони доларів за федеральний фінансовий рік з перспективою збільшення її у 2002 році приблизно на чверть і далі таке ж збільшення кожного чергового фіскального року.

Наноманія квітне усюди. В університетах працює більше 30 нанотехнологічних дослідницьких центрів та міждисциплінарних груп. Наноманія перекинулась і на інші країни. Загальне світове фінансування нанотехнологій на сьогодні вже перебільшує один мільярд доларів США.

Не слід виключати того, що і розробки з проблематики штучного інтелекту будуть пов'язуватись з досягненнями нанотехнологій, особливо у створенні необхідної матеріальної бази майбутніх «розумних» машин і робототехнічних систем, що принципово будуть відрізнятися від існуючих сьогодні.

Надії останніх років на сьогодні базуються на досягненнях швидко прогресуючої нанонауки і нанотехнології в галузі конструювання неживих елементів людського тіла та на відкритих в останній час стволових клітинах, які дають можливість конструювати живі елементи різних тканин людського тіла.

В Інституті проблем штучного інтелекту (м. Донецьк) останніми роками було виконано комплекс досліджень, в результаті яких було доведено, що створити повноцінні антропоморфні системи роботів-автоматів можливо тільки конструктивним шляхом,

тобто шляхом їх конструювання або як організмів людиноподібного типу, або як штучних тіл чи корпусів з повним набором елементів або функцій людиноподібного тіла, користуючись великим об'ємом знань і вмінь, якими володіє людство на сучасному етапі свого розвитку, і що штучний інтелект і штучний робот-антропоморф можливі тільки за умови, що буде повністю скопійовано штучну людину і відтворено вже як штучну конструкцію [2].

Відомий американський винахідник і футуролог Рей Курцвайль бачить дійсні можливості створення штучного розуму вже до 2029 року [3]. Його оптимізм базується на можливостях неформального з'єднання людського організму і, особисто, мозку з вбудованими апаратами і засобами із застосуванням нанотехнологій та інших можливостей проникнення у головний мозок (крізь капіляри і безпосередню взаємодію з людськими нейронами), породжуючи здібності відчувати емоції – одного з необхідних факторів забезпечення творчих можливостей людини.

Наступним кроком стане безпосереднє злиття людини з машиною. Особливу роль в реалізації цієї ідеї і наукового напряму повинні відіграти останні досягнення нанонауки або нанотехнології, які набувають все більшого значення і ваги у розв'язанні багатьох задач, які здавалися взагалі не вирішуваними або їх відносили до сфери фантастики, навіть не наукової, а тієї, що стосується до породжень хворого розуму або хворого уявлення. Сьогодні вже багато нанотехнологій працюють на людство і продовжують дивувати вчених та дослідників своїми новими проявами, новими законами і закономірностями, про які вчені та інженери навіть і не мріяли: безпосередньо бачити атоми і молекули та грати з ними, як з м'ячиками, з'єднувати і роз'єднувати їх та комбінувати, створюючи нові матеріали і речовини, пізнавати їх колективістські властивості і можливості.

Нанотехнології навіть того рівня, якого вони досягли на сьогодні, вже дозволяють як з принципової точки зору, так і з практичної вести розробки з конструювання тіла людини на атомно-молекулярному рівні з наступним переходом на клітинний, тканинний і організмічний рівні, а потім і конструювати всі системи та підсистеми організму в цілому [4].

Беззаперечно, зараз ще рано казати про серйозні та видатні результати та досягнення на цьому шляху, але цей шлях вже стоїть на порядку денному, про нього говорять, він набуває все більшого інтересу і привертає до себе все більше і більше уваги як окремих вчених, так і організацій і навіть фірм. Учасники цього шляху згодні з тим, що жива природа – це першокласна нанотехнологія [5].

Сам нанотехнологічний процес конструювання людини у самому загальному вигляді може бути представлений у такий спосіб. У початкове поживне середовище або набір середовищ занурюється повний набір необхідної кількості атомів. Потім з них створюється повний необхідний набір молекул людського тіла. Потім молекули об'єднуються в набір усіх необхідних і різноманітних клітин, які існують у людини з їх необхідною локалізацією і спеціалізацією, створюються всі тканинні структури і відповідні їм органи й органели, які потім об'єднуються в системи органів, які утворюють цілісний організм вже штучної людини. При точному копіюванні живої людини Homo sapiens сконструйована модель відтворюватиме і всі можливі функції людини і піддаватиметься відповідно навчанню, освіті, володітиме інтелектом і здатністю до виконання будь-яких за різноманітністю та складністю фізико-механічних дій або рухів. У цьому випадку її можна вже розглядати як антропоморфну модель робота-андроїда або антропоморфа гуманоїдного типу, або штучної людини [6].

Насамкінець можна ще раз підкреслити, що штучний інтелект і антропоморфні бездоганні роботи-автомати можливі тільки на базі конструювання штучних моделей або конструювання людини як її прототипу.

Сучасний рівень розвитку науки, техніки і технологій дозволяє говорити і ставити задачу конструювання штучної людини на рівні атомно-молекулярної будови її організму і послідовного синтезу його клітин, тканин, органів і органел, а потім і систем органів у відповідних організму рідинних середовищах з наступним виходом на природні для мешкання і життя людини середовища в умовах суші і спілкування у соціумі інформаційного людського суспільства.

Найбільш відповідною на сьогодні технологією конструювання людини є нанотехнологія, розвиток якої йде в наш час виключно швидкими темпами. Вже з'явились нанороботи, здатні до самовідтворення, створені прототипи молекулярних машин, таких, наприклад, як «DNA BOX» (Йорген К'ємс, 2008), які мають рухому частину, яка керується за допомогою додавання до середовища специфічних фрагментів ДНК, і які можуть працювати як «ДНК-компьютер» та ін. [6].

Можливості нанотехнологій зараз ще повністю не окреслені і не названі, не названі також і задачі, якщо такі є, котрі вони не могли би розв'язувати. Є надії і реальні наукові передумови, що вони внесуть свій вклад і у справу конструювання людини як одного з найбільш важливих прототипів як штучного інтелекту, так і «свідомих» людиноподібних роботів-автоматів гуманоїдного типу з підвищеними можливостями штучного мислення і механічної дії.

Література

1. Нанотехнологии. Scientific American (SA). – 2001. – № 5 (11).
2. Шевченко А.И. О принципах построения искусственного интеллекта в антропоморфных системах / А.И. Шевченко, И.С. Сальников, Р.И. Сальников // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 3-19.
3. Курцвайль Р. Искусственный интеллект появится через 20 лет [Электронный ресурс] / Р. Курцвайль. – Режим доступа : www.membrana.ru.
4. Сальников И.С. Принципы и возможности конструирования человека как антропоморфного робота-андроида / И.С. Сальников, Р.И. Сальников, Е.В. Цапко // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы ИИ-2011 : материалы Международной научно-технической конференции ИИ-2011. – Донецк : ІПШІ «Наука і освіта», 2011. – С. 243-248.
5. Сальников И.С. Нанотехнологии и конструирование человека / И.С. Сальников, Р.И. Сальников // Системы и средства искусственного интеллекта ССИИ-2011 : материалы Международной научной молодёжной школы ССИИ-2011. – Донецк : ІПШІ «Наука і освіта», 2011. – С. 38-44.
6. Никитина Н.Е. Нанороботы на страже человека. 16 марта 2010 [Электронный ресурс] / Н.Е. Никитина, В. Твердислов. – Режим доступа : www.nanometer.ru.
7. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее [Электронный ресурс] / М.В. Ковальчук. – Режим доступа : www.portalnano.ru.

Literatura

1. "Nanotehnologii", Scientific American (SA). № 5 (11). 2001.
2. Shevchenko A.I., Sal'nikov I.S., Sal'nikov R.I. Iskusstvennyj intellekt. № 3. 2010. S. 3-19.
3. Kurcvajl' R. Iskusstvennyj intellekt pojavitsja Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii II-2011 "Iskusstvennyj intellekt. Intellektual'nye sistemy". Doneck: Nauka i osvita. 2011. S. 243-248.
5. Sal'nikov I.S., Sal'nikov R.I. Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj molodjozhnoj shkoly SSII-2011 "Sistemy i sredstva iskusstvennogo intellekta". Doneck: Nauka i osvita. 2011. S. 38-44.
6. Nikitina N.E. Tverdislov V. Nanoroboty na strazhe cheloveka. 16 marta 2010. www.nanometer.ru.
7. Koval'chuk M.V. Konvergencija nauk i tehnologij – proryv v budushhee. www.portalnano.ru

I.S. Salnikov, R.I. Salnikov, E.V. Tsapko

Nanotechnologies, Robots and Smart Computers

In the article, possibilities for creation of smart robots and computers based on use of modern and future development of nanotechnologies in design of artificially revive materials and combinations are considered. Data for development of understanding of design means at the levels of single atoms and molecules from Niels Bohr and Richard Feyman till Eric Drexler and Richard Smoley are given. The problems of building of small machine, such as submarines and assemblers, which are universal fabricators for designing of any construction as well as themselves by the method of atomic composition, are considered. The problems of building of nanomachines, which reproduce large machines created by a human being, are discussed. Numerous examples of existed nanotechnologies, nanodevices and nanomaterials used in different sciences, medicine and in everyday life are given. The problem of creation of Homo Sapiens, which is the most distinguished creature of Nature by its biotechnologies, with all their intellectual and physical and mechanical capabilities on the basis of obtained results and future advances in nanotechnologies is defined. The other tasks with use of nanotechnologies for element connection of a human being to created human and animal artificial organs and organelles, including cellular structures and living bacteria with their extraordinary live mechanisms and nanomachines, such as ribosomes, chloroplasts, mitochondria, flagellant motor, etc., are considered.

Стаття надійшла до редакції 20.12.2011.